

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**

B10



19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

12 Patentschrift  
10 DE 101 36 005 C 1

51 Int. Cl. 7:  
G 01 K 7/22

21 Aktenzeichen: 101 36 005.3-52  
22 Anmeldetag: 24. 7. 2001  
43 Offenlegungstag: -  
45 Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: 28. 11. 2002

DE 101 36 005 C 1

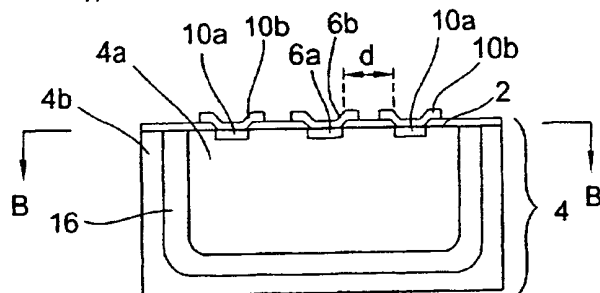
Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

66 Innere Priorität:  
101 27 420. 3 06. 06. 2001  
73 Patentinhaber:  
Infineon Technologies AG, 81669 München, DE  
74 Vertreter:  
Schoppe, Zimmermann, Stöckeler & Zinkler, 81479 München

72 Erfinder:  
Arndt, Christian, Dipl.-Ing., 81477 München, DE;  
Kositza, Jürgen, Dipl.-Ing., 85457 Würth, DE;  
Reichert, Hansjörg, Dipl.-Ing. Dr., 81539 München, DE  
56 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
gezogene Druckschriften:  
DE 29 44 015 C2  
Z.: Siemens Forschungs- und  
Entwicklungsberichte,  
Bd. 10 (1981) Nr. 2, Springer Verlag 1981,  
S. 65-71;  
JP 02-2 66 577 (A), in: Patents Abstracts of  
Japan, Sect. E, Vol. 15 (1991), No. 18 (E-1023);

54 Halbleiter-Temperatursensor vom Ausbreitungswiderstands-Typ

57 Ein Halbleiter-Temperatursensor vom Ausbreitungswiderstands-Typ umfaßt eine Halbleiterschicht (4) mit einer ersten Oberfläche (2), eine erste Elektrode (6a), die eine erste für den Widerstandswert des Halbleiter-Temperatursensors maßgebliche Abmessung aufweist, und eine zweite Elektrode (10a), die eine zweite für den Widerstandswert des Halbleiter-Temperatursensors im wesentlichen unmaßgebliche Abmessung aufweist, wobei der kleinste Abstand zwischen der ersten Elektrode (6a) und der zweiten Elektrode (10a) größer als die erste Abmessung ist.



DE 101 36 005 C 1

## Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf einen Halbleiter-Temperatursensor vom Ausbreitungswiderstands-Typ und insbesondere auf einen Halbleiter-Temperatursensor vom Ausbreitungswiderstands-Typ mit zwei nebeneinander an einer Oberfläche angeordneten Anschlußelektroden.

[0002] Si-Temperatursensoren nach dem Spreading-Resistance-Prinzip (Ausbreitungswiderstands-Prinzip) sind seit ca. 20 Jahren auf dem Markt. Bei diesem Prinzip wird der spezifische Widerstand des Halbleitermaterials gemessen, der stark temperaturabhängig ist. Ihr Vorteil ist die kostengünstige Herstellbarkeit und die im Vergleich zu Metallfilmsensoren wesentlich höhere Empfindlichkeit bei gleichzeitig ähnlich guter Reproduzierbarkeit der Kennlinie. Diese Sensoren sind in zwei Ausführungen bekannt, die in den Fig. 1 und 2 schematisch dargestellt sind.

[0003] Der in Fig. 1 dargestellte Einlochsensoren weist an einer ersten Oberfläche 2 einer Halbleiterschicht 4 eine erste Elektrode 6a in der Halbleiterschicht 4 mit einer ersten Anschlußelektrode 6b auf der ersten Oberfläche 2 und an einer zweiten, der ersten Oberfläche 2 gegenüberliegenden Oberfläche 8 eine zweite Elektrode 10a in der Halbleiterschicht 4 mit einer zweiten Anschlußelektrode 10b auf der zweiten Oberfläche 8 auf. Die Elektroden 6a, 10a sind hochdotierte Gebiete in der Halbleiterschicht 4, die beispielsweise eine Dotierungsdichte von  $10^{20}/\text{cm}^3$  aufweisen, im Vergleich zu einer Dotierungsdichte von ca.  $5 \cdot 10^{14}/\text{cm}^3$  im übrigen Bereich der Halbleiterschicht 4, dem Widerstandsgebiet. Während die zweite Elektrode 10a großflächig ausgebildet ist, ist die erste Elektrode 6a relativ kleinflächig ausgebildet, d. h. gerade so groß, wie es das Spreading-Resistance-Prinzip zur Ausbildung eines bestimmten Widerstandes erfordert. Eine die erste Anschlußelektrode 6b bildende Metallschicht steht, wie in Fig. 1 gezeigt, nur durch ein kleines Loch (Spreadingloch bzw. Kontaktloch) in einer elektrisch isolierenden Oxid- oder Nitrid-Schicht 12 mit der Halbleiterschicht 4 in Kontakt. Durch diese gängige Verwendung eines kleinen Kontaktloches bzw. einer kleinen ersten Elektrode 6a an der ersten Oberfläche 2 eines Sensorchips bzw. der Halbleiterschicht 4 und einer großflächigen Kontaktierung bzw. zweiten Elektrode 10a an der zweiten Oberfläche 8 der Halbleiterschicht 4 bildet sich zwischen der ersten Elektrode 6a und der zweiten Elektrode 10a eine Stromdichteverteilung aus, die nahe der ersten Elektrode 6a näherungsweise die Symmetrie einer Halbkugel aufweist. In dieser Näherung ist der Widerstand R zwischen der ersten Elektrode 6a und der zweiten Elektrode 10a

$$R = f(\rho) = \frac{\rho}{2\pi} \cdot \left( \frac{1}{r_0} - \frac{1}{r_1} \right),$$

wobei  $\rho$  der stark temperaturabhängige spezifische Widerstand des Halbleitermaterials ist,  $r_0$  der Ersatzradius der ersten Elektrode 6a (dieser wird durch die Größe des Kontaktloches an der ersten Oberfläche 2 bestimmt) ist und  $r_1$  der Ersatzradius der zweiten Elektrode 10a (dieser wird maßgeblich durch die Dicke der Halbleiterschicht 4 bestimmt) ist.

[0004] Fig. 2 zeigt den auf dem Markt besser bekannten Zweilochsensor, der zwei gegeneinander geschaltete Spreading-Widerstände aufweist. Der Zweilochsensor weist neben der ersten Elektrode 6a an der ersten Oberfläche 2 der Halbleiterschicht 4 und der zweiten Elektrode 10a an der zweiten Oberfläche 8 der Halbleiterschicht 4 eine dritte Elektrode 14a mit einer dritten Anschlußelektrode 14b an

der ersten Oberfläche 2 der Halbleiterschicht 4 auf. Die erste Elektrode 6a und die dritte Elektrode 14a weisen in lateraler Richtung einen Abstand auf, der im Bereich der Dicke der Halbleiterschicht 4 ist. Größere/kleinere Abstände erhöhen/reduzieren den Sensorwiderstand nur geringfügig. Die dadurch bewirkten Änderungen können leicht durch eine Erhöhung/Verkleinerung des Spreading-Kontaktes kompensiert werden. Am Zweilochsensor wird der elektrische Widerstand zwischen der ersten Elektrode 6a und der dritten Elektrode 14a gemessen.

[0005] Einloch- und Zweilochsensoren, wie sie anhand der Fig. 1 und 2 dargestellt wurden, sind auch in der DE 29 44 015 C2 und in dem Artikel "Mikroelektronischer Spreading-Widerstand-Temperatursensor" von M. Beitner und G. Tomasi (Siemens-Forschungs- und Entwicklungsberichte, Band 10 (1981) Nr. 2, Springer-Verlag 1981, Seiten 65-71) beschrieben.

[0006] Ein Vorteil des Einlochsensors ist die bei geeigneter Polung (erste Elektrode 6a positiv vorgespannt) mögliche Anwendung bei Temperaturen bis zu  $350^\circ\text{C}$ . Bei dieser Polung wird der Effekt der Eigenleitung unterdrückt. Die physikalische Erklärung dafür wurde auf der NTG-Fachtagung in Bad Nauheim, 9. bis 11. März 1982, von Herrn Raab vorgetragen. Da der Sensor unipolar, d. h. mit definierter Stromrichtung betrieben werden muß, muß er als Produkt wie eine Diode mit zwei verschiedenen Anschlüssen spezifiziert werden.

[0007] Ein Vorteil des Zweilochsensors ist die polungsunabhängige Verwendbarkeit. Da der Widerstandswert des Sensors aufgrund der Symmetrie von der Stromrichtung unabhängig ist, kann er wie ein Ohmscher Widerstand spezifiziert und eingesetzt werden. Nachteilig ist allerdings, daß er nur bis maximal ca.  $150^\circ\text{C}$  eingesetzt werden kann, da aufgrund der Eigenleitung des Halbleitermaterials die Kennlinie bei ca.  $170^\circ\text{C}$  abknickt und bei Temperaturen ab  $200^\circ\text{C}$  sogar zweideutige Ergebnisse auftreten können.

[0008] Während alle Zweiloch-Sensoren vom Prinzip her beide Elektroden 6a, 14a und damit auch beide Anschlußelektroden 6b, 14b nebeneinander an einer Seite, der Chipoberseite aufweisen, werden alle bekannten hochoberflächigen Einlochsensoren zwischen einer ersten Elektrode 6a an einer ersten Oberfläche und einer zweiten Elektrode 10a an einer gegenüberliegenden Oberfläche betrieben. Besteht nun Bedarf einen Einlochsensoren für die Messung der Temperatur eines Bauelementes zu nutzen, so muß die nötige Kontaktierung des auf der Chiprückseite befindlichen Widerstandskontaktes durch ein elektrisch leitfähiges Element (z. B. eine Kupferfahne) von der schwer zugänglichen Rückseite zu einem besser zugänglichen Bereich verlegt werden. Gerade für all jene Applikationen, wo ein separates Temperaturelement elektrisch isoliert auf das zu messende Element (z. B. mittels einer Klebung) aufgebracht wird, erfordert dies das Einbringen eines elektrisch leitfähigen Elementes zwischen der Chiprückseite und der Klebung, das kraft- und formschlüssig mit der Chiprückseite verbunden sein sollte und den Chiprückseitenkontakt bzw. die zweite Anschlußelektrode 10b für eine günstigere Kontaktierung bis zu einem leichter zugänglichen Ort verlängert. Dies hat in der Regel einen erheblichen Verarbeitungstechnischen und technologischen Mehraufwand zur Folge, bildet zusätzliche Fehlerquellen und kann die thermische Anbindung des Sensors an das zu messende Element verschlechtern. Diese Nachteile bzw. Probleme verschärfen sich weiter, wenn der Sensor gleichzeitig potentialfrei bzw. elektrisch isoliert an dem Bauelement angebracht werden soll.

[0009] Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, einen einfacheren bzw. einfacher aufgebauten Halb-

leiter-Temperatursensor vom Ausbreitungswiderstands-Typ zu schaffen, der die elektrischen Eigenschaften des bekannten Einlochsensors aufweist.

[0010] Diese Aufgabe wird durch einen Halbleiter-Temperatursensor gemäß Anspruch 1 gelöst.

[0011] Ein Halbleiter-Temperatursensor vom Ausbreitungswiderstands-Typ umfaßt eine Halbleiterschicht mit einer ersten Oberfläche, eine erste Elektrode, die eine erste, für den Widerstandswert des Halbleiter-Temperatursensors maßgebliche Abmessung aufweist, und eine zweite Elektrode, die eine zweite für den Widerstandswert des Halbleiter-Temperatursensors im wesentlichen unmaßgebliche Abmessung aufweist, wobei der kleinste Abstand zwischen der ersten Elektrode und der zweiten Elektrode größer als die erste Abmessung ist.

[0012] Vorzugsweise ist die zweite Elektrode größer oder erheblich größer als die erste Elektrode. Gemäß einem bevorzugten Ausführungsbeispiel ist die erste Elektrode kreisförmig und die zweite Elektrode umschließt die erste Elektrode lateral im wesentlichen. Die zweite Elektrode bzw. der der ersten Elektrode zugewandte Rand der zweiten Elektrode kann im wesentlichen kreisförmig und konzentrisch zur ersten Elektrode sein oder die erste Elektrode im wesentlichen rechteckförmig umschließen.

[0013] Eine weitere Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, den Halbleiter-Temperatursensor unempfindlich gegenüber elektrischen Potentialen in angrenzenden Bauelementen auszugestalten.

[0014] Diese Aufgabe wird durch einen Halbleiter-Temperatursensor mit den oben genannten Merkmalen gelöst, bei dem die Halbleiterschicht einen ersten Teilbereich, in dem die erste Elektrode und die zweite Elektrode angeordnet sind und einen zweiten Teilbereich aufweist, wobei zwischen dem ersten Teilbereich und dem zweiten Teilbereich eine elektrisch isolierende Schicht, beispielsweise eine Oxid- oder Nitridschicht, oder ein pn-Übergang als Sperrschicht angeordnet ist.

[0015] Der vorliegenden Erfindung liegt die Erkenntnis zugrunde, daß ein Halbleiter-Temperatursensor mit elektrischen Eigenschaften, die denen des Einlochsensors ähnlich sind, eine zweite Elektrode aufweisen kann, die nicht an der der ersten Elektrode gegenüber liegenden Seite der Halbleiterschicht angeordnet ist.

[0016] Entsprechend kann die zweite Elektrode an der Chipoberseite bzw. der gleichen Oberfläche, an der die erste Elektrode angeordnet ist, angeordnet sein, wobei die zweite Elektrode vorzugsweise einen Mindestabstand zu der ersten Elektrode hat, der größer als eine für den Widerstandswert des Halbleiter-Temperatursensors maßgebliche Abmessung ist, wobei die zweite Elektrode eine erheblich größere Fläche aufweist als die erste Elektrode, und wobei die zweite Elektrode eine weitgehend beliebige Form aufweisen kann. Die für den Widerstand des Halbleiter-Temperatursensors maßgebliche Abmessung ist beispielsweise im Fall einer kreisförmigen ersten Elektrode deren Durchmesser, im Fall einer ersten Elektrode in Form eines schmalen und langen Rechtecks deren Breite. Denkbare laterale Formen der zweiten Elektrode sind z. B. ein konzentrisch zur ersten Elektrode verlaufender Ring, ein die erste Elektrode umgebendes Rechteck oder eine beliebige, neben der ersten Elektrode angeordnete Fläche. Durch diese Verlegung der zweiten Elektrode von der Chiprückseite an die Oberfläche, an der die erste Elektrode angeordnet ist, wird die Kontaktierung des Halbleiter-Temperatursensors erheblich erleichtert. Insbesondere bei Anwendungen, bei denen der Sensor als separates Bauelement beispielsweise mittels einer Klebung an dem Bauelement angebracht wird, dessen Temperatur gemessen werden soll, bedeutet dies eine wesentlich einfa-

chere Kontaktierung beider Elektroden. Ferner ergeben sich neue Einsatzfelder für den Halbleiter-Temperatursensor gemäß der vorliegenden Erfindung. Beispielsweise kann er als On-Chip-Halbleitermeßelement in einer durch Dotierung hergestellten isolierenden Wanne verwendet werden.

[0017] Bevorzugte Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung werden nachfolgend Bezug nehmend auf die beiliegenden Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

[0018] Fig. 1 eine schematische Schnittdarstellung eines Halbleiter-Temperatursensors vom Ausbreitungswiderstands-Typ gemäß dem Stand der Technik;

[0019] Fig. 2 eine schematische Schnittdarstellung eines weiteren Halbleiter-Temperatursensors vom Ausbreitungswiderstands-Typ gemäß dem Stand der Technik;

[0020] Fig. 3 eine schematische Schnittdarstellung eines bevorzugten Ausführungsbeispieles eines Halbleiter-Temperatursensors vom Ausbreitungswiderstands-Typ gemäß der vorliegenden Erfindung;

[0021] Fig. 4 eine schematische Schnittdarstellung des Ausführungsbeispieles aus Fig. 3;

[0022] Fig. 5 eine schematische Draufsicht eines weiteren Ausführungsbeispieles der vorliegenden Erfindung;

[0023] Fig. 6 eine schematische Draufsicht eines weiteren Ausführungsbeispieles der vorliegenden Erfindung;

[0024] Fig. 7 eine schematische Draufsicht eines weiteren Ausführungsbeispieles der vorliegenden Erfindung; und

[0025] Fig. 8 eine schematische Schnittdarstellung des Ausführungsbeispieles aus Fig. 7.

[0026] Ein bevorzugtes Ausführungsbeispiel des Halbleiter-Temperatursensors vom Ausbreitungswiderstands-Typ gemäß der vorliegenden Erfindung ist in den Fig. 3 und 4 dargestellt. Dabei ist Fig. 3 eine schematische Darstellung des Schnittes B-B in Fig. 4 und Fig. 4 ist eine schematische Darstellung des Schnittes A-A in Fig. 3. An einer ersten Oberfläche 2 einer Halbleiterschicht 4 sind eine erste Elektrode 6a und eine zweite Elektrode 10a in der Halbleiterschicht 4 angeordnet. Die Elektroden 6a, 10a sind hochdotierte Gebiete in der Halbleiterschicht 4, die beispielsweise eine Dotierungsdichte von  $10^{20}/\text{cm}^3$  aufweisen. Im Vergleich dazu weist die Halbleiterschicht 4 im Widerstandsgebiet außerhalb der Elektroden 6a, 10a eine Dotierungsdichte von  $7 \cdot 10^{14}/\text{cm}^3$  auf. An die erste Elektrode 6a grenzt eine erste Anschlußelektrode 6b an, und an die zweite Elektrode 10a grenzt eine zweite Anschlußelektrode 10b an, so daß jeweils ein elektrisch leitfähiger Kontakt zwischen der ersten Elektrode 6a und der ersten Anschlußelektrode 6b sowie zwischen der zweiten Elektrode 10a und der zweiten Anschlußelektrode 10b besteht. Die beiden Anschlußelektroden 6b, 10b weisen jeweils eine Metallisierung bzw. eine Metallschicht auf, die im wesentlichen auf der Oberfläche 2 der Halbleiterschicht 4 angeordnet sind. In lateraler Richtung sind die erste Elektrode 6a kreisförmig und die zweite Elektrode 10a kreisringförmig, wobei beide Elektroden 6a, 10a konzentrisch angeordnet sind. Der Radius der ersten Elektrode 6a ist relativ klein gewählt, d. h. gerade so groß, wie es das Spreading-Resistance-Prinzip zur Ausbildung eines bestimmten Widerstandes erfordert, und der Innenradius der zweiten Elektrode 10a ist so gewählt, daß der Abstand d zwischen der ersten Elektrode 6a und der zweiten Elektrode 10a, d. h. die Differenz des Innenradius der zweiten Elektrode 10a und des Radius der ersten Elektrode 6a größer ist als der Radius der ersten Elektrode 6a. Beispielsweise weisen die erste Elektrode 6a einen Durchmesser von ca. 25  $\mu\text{m}$  und die zweite Elektrode einen Innenradius von ca. 150  $\mu\text{m}$  auf. Die Halbleiterschicht 4 umfaßt einen ersten Teilbereich 4a, an dem die erste Elektrode 6a und die zweite Elektrode 10a angeordnet sind, und einen zweiten Teilbereich 4b. Zwischen dem ersten Teilbereich 4a und dem zweiten Teilbe-

reich 4b der Halbleiterschicht 4 ist eine elektrisch isolierende Schicht 16 angeordnet, die den ersten Teilbereich 4a in der Form einer Wanne elektrisch vollständig von dem zweiten Teilbereich 4b isoliert.

[0027] Die im Verhältnis zum Abstand  $d$  zwischen der ersten Elektrode 6a und der zweiten Elektrode 10a kleine laterale Ausdehnung der ersten Elektrode 6a erzeugt eine ausgeprägt inhomogene Stromdichteverteilung in dem ersten Teilbereich 4a der Halbleiterschicht 4 in der Nähe der ersten Elektrode 6a. In unmittelbarer Umgebung der ersten Elektrode 6a liegt ähnlich den in den Fig. 1 und 2 dargestellten Halbleiter-Temperatursensoren vom Ausbreitungswiderstands-Typ gemäß dem Stand der Technik eine näherungsweise kugelsymmetrische Stromdichteverteilung vor. Es folgt eine Abhängigkeit des elektrischen Widerstandes  $R$  vom spezifischen Widerstand  $\rho$  des Halbleitermaterials, dem Radius bzw. Ersatzradius  $r_0$  der ersten Elektrode 6a und dem Ersatzradius  $r_1$  der zweiten Elektrode 10a ähnlich der oben angegebenen Formel, wobei aber der Ersatzradius  $r_1$  der zweiten Elektrode 10a eine kompliziertere Funktion der Geometrie des Halbleiter-Temperatursensors ist und nicht mehr einfach als der Abstand  $d$  zwischen der ersten Elektrode 6a und der zweiten Elektrode 10a oder der Innenradius der zweiten Elektrode 10a interpretiert werden kann.

[0028] Aus der ausgeprägt inhomogenen, nahe der ersten Elektrode 6a näherungsweise kugelsymmetrischen Stromdichteverteilung in dem ersten Teilbereich 4a der Halbleiterschicht 4 folgt eine Funktionsweise des in den Fig. 3 und 4 dargestellten Halbleiter-Temperatursensors, die der des in Fig. 1 dargestellten herkömmlichen Halbleiter-Temperatursensors entspricht bzw. ähnlich ist. Zur Messung einer Temperatur des Halbleiter-Temperatursensors wird der elektrische Widerstand zwischen der ersten Elektrode 6a und der zweiten Elektrode 10a gemessen, wobei die erste Elektrode 6a ein positiveres Potential aufweist als die zweite Elektrode 10a. Bei dieser Polung ist es z. B. bei Verwendung von Silizium als Halbleitermaterial möglich, Temperaturen bis über 300°C zu messen. Bei noch höheren Temperaturen ändert sich das Verhalten des Halbleiter-Temperatursensors aufgrund der Eigenleitung von PTC- zu NTC-Verhalten.

[0029] Im Gegensatz zu herkömmlichen Einlochsensoren, welche prinzipbedingt den gleichen Temperatur-Einsatzbereich aufweisen, sind bei dem Halbleiter-Temperatursensor gemäß der vorliegenden Erfindung sowohl die erste Elektrode 6a als auch die zweite Elektrode 10a an ein und derselben Oberfläche der Halbleiterschicht 4, d. h. lateral nebeneinander angeordnet.

[0030] Daraus resultieren erhebliche Vorteile bei der Herstellung sowie bei der Kontaktierung bzw. elektrischen Beschaltung des Sensors. Im Gegensatz zu dem bekannten Zweilochsensoren wird dieser Vorteil bei dem Halbleiter-Temperatursensor gemäß der vorliegenden Erfindung jedoch nicht durch einen eingeschränkten Temperatur-Einsatzbereich erkauft.

[0031] Die elektrisch isolierende Schicht 16 des dargestellten Ausführungsbeispiels des Halbleiter-Temperatursensors gemäß der vorliegenden Erfindung begründet eine besondere Eignung des Sensors für Anwendungen, bei denen der Sensor in unmittelbarem mechanischem Kontakt zu anderen elektrischen oder elektronischen Bauelementen steht. Der Halbleiter-Temperatursensor gemäß dem in den Fig. 3 und 4 dargestellten Ausführungsbeispiel kann aufgrund der elektrisch isolierenden Schicht 16 völlig unabhängig von elektrischen Potentialen der anderen Bauelemente betrieben werden. Die vorliegende Erfindung erleichtert somit die Verwendung eines Halbleiter-Temperatursensors vom Ausbreitungswiderstands-Typ für Temperaturmessungen für all jene Anwendungen, bei denen durch den physi-

kalischen Aufbau des Sensors auf dem zu messenden Element bzw. in dem zu messenden Element eine Kontaktierung der Rückseite unmöglich oder ungünstig ist. Beispiele hierfür sind grundsätzlich alle jene Temperaturmessungen, bei denen die Forderung nach Potentialtrennung der Sensorrückseite von dem zu messenden Element besteht (dies ist z. B. der Fall, wenn der Sensor als separater Chip elektrisch isoliert, jedoch thermisch gut gekoppelt an dem zu messenden Objekt angebracht werden soll), oder bei denen beide Sensorkontakte zur Verschaltung auf die Chipoberfläche zurückgeführt sein müssen (dies ist z. B. der Fall, wenn sich der Sensor monolithisch integriert als Schaltungskomponente auf dem zu messenden Halbleiterchip befindet und über eine auf oder außerhalb des Chips befindliche Logik ausgewertet wird). Insbesondere kann also der Sensor, wenn er als Einzelbauelement ausgeführt ist, ohne weiteres an einem anderen Bauelement angebracht werden, ohne daß auf eine elektrische Isolation zwischen dem Sensor und dem anderen Bauelement geachtet werden muß. Besonders vorteilhaft ist die elektrisch isolierende Schicht 16 auch dann, wenn der Halbleiter-Temperatursensor einstückig mit anderen elektronischen Bauelementen, die an oder in derselben Halbleiterschicht 4 angeordnet sind, ausgeführt wird (On-Chip-Sensor).

[0032] Die elektrisch isolierende Schicht 16 kann auf verschiedene Weisen erzeugt werden, beispielsweise durch einen in Sperrrichtung vorgespannten pn-Übergang, durch ein Dotierungsprofil, durch Implantation von Sauerstoff oder auch durch eine bereits bei der Herstellung der Halbleiterschicht 4 gewachsene isolierende Schicht, wobei die Seitenwände, d. h. die Abschnitte der elektrisch isolierenden Schicht 16, welche den ersten Teilbereich 4a in lateraler Richtung begrenzen, durch Ätzen von Gräben oder andere Maßnahmen bei nachfolgenden Verarbeitungsschritten erzeugt werden. Die geometrische Form der elektrisch isolierenden Schicht 16 hat geringen Einfluß auf die Funktion des Halbleiter-Temperatursensors und kann weitgehend frei gewählt bzw. anderen Erfordernissen angepaßt werden, die beispielsweise aus Art, Funktion und Anordnung benachbarter Bauelemente resultieren können, sofern die erste Elektrode 6a und die zweite Elektrode 10a vollständig an dem durch die elektrisch isolierende Schicht 16 definierten ersten Teilbereich 4a der Halbleiterschicht 4 angeordnet sind und der erste Teilbereich 4a durch die Schicht 16 von dem zweiten Teilbereich 4b elektrisch isoliert ist. Dabei ist die durch die geometrische Form der elektrisch isolierenden Schicht 16 bestimmte Dicke des ersten Teilbereiches 4a der Halbleiterschicht 4 vorzugsweise zumindest so groß gewählt, daß die näherungsweise kugelsymmetrische Stromdichteverteilung nahe der ersten Elektrode 6a nicht beeinträchtigt wird.

[0033] Unter Umständen kann auf die elektrisch isolierende Schicht 16 teilweise oder vollständig verzichtet werden, beispielsweise wenn der Halbleiter-Temperatursensor das einzige elektrische oder elektronische Bauelement an und in der Halbleiterschicht 4 darstellt, oder wenn andere Bauelemente selbst eine elektrische Isolation aufweisen oder so weit beabstandet sind, daß eine elektrische Wechselwirkung zwischen ihnen und dem Temperatursensor vernachlässigbar ist.

[0034] Die erste Anschlußelektrode 6b und die zweite Anschlußelektrode 10b können ein oder mehrere Metalle oder ein anderes Material mit elektrischer Leitfähigkeit aufweisen. Die erste Oberfläche 2 der Halbleiterschicht 4 kann, ähnlich wie es in den Fig. 1 und 2 dargestellt ist, teilweise durch eine isolierende Schicht 12, beispielsweise Nitrid oder Oxid, bedeckt sein, wobei die erste Anschlußelektrode 6b mit der ersten Elektrode 6a und die zweite Anschlußelek-

trode 10b mit der zweiten Elektrode 10a durch entsprechend geformte Aussparungen in der isolierenden Schicht 12 in elektrischem Kontakt stehen. Die erste Elektrode 6a und die zweite Elektrode 10a können ferner abweichend von der schematischen Darstellung in Fig. 3 in lateraler Richtung verschiedene Formen aufweisen. Zwei Beispiele sind in den Fig. 5 und 6 dargestellt, in denen auf eine Darstellung der optionalen elektrisch isolierenden Schicht 16 verzichtet wurde.

[0035] Fig. 5 zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel eines Halbleiter-Temperatursensors vom Ausbreitungswiderstands-Typ gemäß der vorliegenden Erfindung, das sich von dem in den Fig. 3 und 4 dargestellten Ausführungsbeispiel durch die laterale Form der zweiten Elektrode 10a unterscheidet. Die zweite Elektrode 10a umgibt die erste Elektrode 6a in lateraler Richtung vollständig, wobei der der ersten Elektrode 6a zugewandte Rand der zweiten Elektrode 10a die Form eines Kreises aufweist, der konzentrisch zu der ebenfalls kreisförmigen ersten Elektrode 6a angeordnet ist. Ähnlich wie Fig. 3 kann auch Fig. 5 als schematische Darstellung eines Ausschnittes der Oberfläche 2 einer lateral weiter ausgedehnten Halbleiterschicht 4, die beispielsweise weitere Bauelemente aufweisen kann, oder als in Hinsicht auf die laterale Ausdehnung vollständige schematische Darstellung eines Einzelbauelement-Halbleiter-Temperatursensors verstanden werden. Die zweite Elektrode 10a erstreckt sich entsprechend bis zum Rand des dargestellten Ausschnittes der ersten Oberfläche 2 der Halbleiterschicht 4 oder darüber hinaus bzw. bis zum Rand der ersten Oberfläche 2 der Halbleiterschicht 4.

[0036] Fig. 6 zeigt eine schematische Draufsicht eines weiteren Ausführungsbeispiels eines Halbleiter-Temperatursensors vom Ausbreitungswiderstands-Typ gemäß der vorliegenden Erfindung, das sich von den in den Fig. 3 und 4 bzw. 5 dargestellten Ausführungsbeispielen durch die laterale Ausdehnung der zweiten Elektrode 10a unterscheidet. Die zweite Elektrode 10a umgibt die erste Elektrode 6a in lateraler Richtung vollständig, wobei ein der ersten Elektrode 6a zugewandter Rand der zweiten Elektrode 10a die Form eines Rechtecks, insbesondere eines Quadrats aufweist.

[0037] Die Fig. 7 und 8 zeigen eine schematische Draufsicht bzw. eine schematische Schnittdarstellung eines weiteren, bevorzugten Ausführungsbeispiels eines Halbleiter-Temperatursensors vom Ausbreitungswiderstands-Typ gemäß der vorliegenden Erfindung. In Fig. 7 sind lediglich die erste Elektrode 6a, die erste Anschlußelektrode 6b, die zweite Elektrode 10a und die zweite Anschlußelektrode 10b dargestellt. Die zweite Elektrode 10a erstreckt sich lateral unter einem großen Teil der ersten Oberfläche 2 der Halbleiterschicht 4 des Temperatursensors. Sie weist einen kreisförmigen Ausschnitt 18 auf, zu dem konzentrisch die kreisförmige erste Elektrode 6a unter der ersten Oberfläche 2 angeordnet ist. Die zweite Elektrode 10a wird teilweise von der zweiten Anschlußelektrode 10b überdeckt. Die erste Elektrode 6a wird vollständig von einer ersten Anschlußelektrode 6b überdeckt. Die erste Anschlußelektrode 6b erstreckt sich ferner über einen Bereich 20 der zweiten Elektrode 10a und einen Ausschnitt 22 der zweiten Elektrode 10a. In Fig. 7 nicht dargestellte isolierende Oxid- und Nitrid-Schichten isolieren die Anschlußelektroden 6b, 10b von der Halbleiterschicht 4 und die erste Anschlußelektrode 6b von der zweiten Elektrode 10a, wie es nachfolgend anhand der in Fig. 8 gezeigten schematischen Darstellung eines Schnitts entlang der Linie C-C in Fig. 7 erläutert wird.

[0038] Anhand des in Fig. 8 dargestellten vertikalen Schnitts durch das in Fig. 7 dargestellte Ausführungsbeispiel eines Temperatursensors gemäß der Erfindung wird

gleichzeitig seine Herstellung beschrieben. Die Halbleiterschicht 4 weist homogen mit einer Konzentration von ca.  $7 \times 10^{14} \text{ cm}^{-3}$  n-dotiertes Silizium auf. An der ersten Oberfläche 2 der Halbleiterschicht 4 wird zunächst mittels eines Maskenprozesses eine Oxidmaske 24 mit einer Dicke von ca.  $1 \mu\text{m}$  erzeugt, deren laterale Ausdehnung den in Fig. 7 zu erkennenden Ausschnitten 18 und 22 der späteren zweiten Elektrode 10a entspricht, und die ferner am Ort der späteren ersten Elektrode 6a einen kreisförmigen Ausschnitt aufweist. In einem folgenden Prozessschritt wird in den nicht von der Oxidmaske 24 bedeckten Bereichen der ersten Oberfläche 2 der Halbleiterschicht 4 eine n-Dotierung mit einer Dichte von ca.  $1.0 \times 10^{20} \text{ cm}^{-3}$  bis zu einer Tiefe von einigen  $\mu\text{m}$  eingetrieben. Diese hochdotierten Bereiche der Halbleiterschicht 4 an deren ersten Oberfläche 2 bilden die erste Elektrode 6a und die zweite Elektrode 10a. In einem weiteren Prozessschritt werden die von der Halbleiterschicht 4 abgewandten Oberflächen der Oxidmaske 24 und der Elektroden 6a und 10a mit Niederdruck-Nitrid 26 (low pressure nitride) mit einer Dicke von ca.  $0.1 \mu\text{m}$  abgedeckt. Diese Schicht soll primär ein Eindringen von Ionen (insbesondere  $\text{Na}^+$ ) verhindern und wird mittels einer Maske und eines Ätzschrittes lateral strukturiert, um die von der Halbleiterschicht 4 abgewandte Oberfläche der ersten Elektrode 6a und den später von der zweiten Anschlußelektrode 10b bedeckten Bereich der von der Halbleiterschicht 4 abgewandten Oberfläche der zweiten Elektrode 10a freizulegen. In einem weiteren Prozessschritt wird auf der Nitridschicht 26 und den Elektroden 6a und 10a eine lateral strukturierte Metallisierung aus Aluminium mit einer Dicke von ca.  $1.5 \mu\text{m}$  aufgebracht, welche die erste Anschlußelektrode 6b und die zweite Anschlußelektrode 10b bildet. Wie es in Fig. 8 zu erkennen ist, steht die erste Anschlußelektrode 6b mit der ersten Elektrode 6a in Kontakt und ist von der zweiten Elektrode 10a durch die Nitridschicht 26 getrennt. Die zweite Anschlußelektrode 10b steht mit der zweiten Elektrode 10a in Kontakt. In einem letzten Prozessschritt wird eine ca.  $0.8 \mu\text{m}$  dicke Nitrid-Passivierung 28 aufgebracht, welche abgesehen von Kontaktflecken 30, an denen die erste Anschlußelektrode 6b bzw. die zweite Anschlußelektrode 10b des fertigen Temperatursensors kontaktiert werden kann, die gesamten von der Halbleiterschicht 4 abgewandten und offenliegenden Oberflächen der zweiten Elektrode 10a, der Anschlußelektroden 6b und 10b und der Niederdruck-Nitrid-Schicht 26 bedeckt und Plasma-Oxid aufweist.

[0039] Da, wie oben dargestellt, für die Funktion eines Halbleiter-Temperatursensors vom Ausbreitungswiderstands-Typ näherungsweise nur die ausgeprägt inhomogene Stromdichteverteilung in der Halbleiterschicht 4 nahe der ersten Elektrode 6a entscheidend ist, kann die zweite Elektrode 10a in lateraler Richtung eine der in den Fig. 3, 5, 6 und 7 dargestellten Formen oder weitere, nicht dargestellte Formen aufweisen. Konvexe Singularitäten an der zweiten Elektrode 10a sind dabei vorzugsweise zu vermeiden, da sie eine inhomogene Stromdichteverteilung zur Folge haben, woraus analog dem in Fig. 2 dargestellten herkömmlichen Zweilochsensor Nachteile hinsichtlich des Temperatur-Einsatzbereiches resultieren können. Abgesehen von dieser Einschränkung ist es jedoch auch möglich, daß die zweite Elektrode 10a die erste Elektrode 6a in lateraler Richtung nicht vollständig umschließt oder sogar nur neben der ersten Elektrode 6a angeordnet ist.

[0040] In jedem Fall ist die zweite Elektrode 10a vorzugsweise größer oder wesentlich größer als die erste Elektrode 6a. Dadurch ist gewährleistet, daß die Stromdichteverteilung nahe der zweiten Elektrode 10a näherungsweise homogen bzw. die Inhomogenität der Stromdichteverteilung nahe der zweiten Elektrode 10a viel schwächer ausgeprägt ist als

die Inhomogenität der Stromdichteverteilung nahe der ersten Elektrode 6a. Dadurch werden die oben in Zusammenhang mit dem Zweilocheinsatz gemäß dem Stand der Technik dargestellten Nachteile bezüglich des Temperatur-Einsatzbereichs vermieden.

[0041] Auch die Form der ersten Elektrode 6a kann von der in den obigen Ausführungsbeispielen dargestellten Kreisform abweichen. Beispielsweise kann die erste Elektrode 6a die Form eines Quadrats oder eines Rechtecks aufweisen, wobei alle Abweichungen von der Kreisform, die verglichen mit dem Abstand der ersten Elektrode 6a zur zweiten Elektrode 10a klein sind, die Stromdichteverteilung nicht wesentlich verändern. Eine erste Elektrode 6a in der Form eines schmalen und länglichen Rechtecks erzeugt hingegen in ihrer Umgebung eine ausgeprägt inhomogene Stromdichteverteilung, welche näherungsweise die Symmetrie einer Kreiszyllinders aufweist. Die für den Widerstandswert des Halbleiter-Temperatursensors maßgebliche Abmessung ist im Fall einer kreisförmigen ersten Elektrode 6a deren Radius oder deren Durchmesser und im Fall einer schmalen, länglichen ersten Elektrode 6a deren Breite. Der Raumbereich um die erste Elektrode 6a, in dem die Stromdichteverteilung näherungsweise kugelsymmetrisch bzw. näherungsweise kreiszyllindersymmetrisch ist, ist um so größer, je größer der Abstand zwischen der ersten Elektrode 6a und der zweiten Elektrode 10a ist. Der Abstand zwischen der ersten Elektrode 6a und der zweiten Elektrode 10a soll deshalb größer sein als die für den Widerstandswert des Halbleiter-Temperatursensors maßgebliche Abmessung der ersten Elektrode 6a.

und die zweite Elektrode (10a) angeordnet sind, und einen zweiten Teilbereich (4b) aufweist, wobei zwischen dem ersten Teilbereich (4a) und dem zweiten Teilbereich (4b) eine elektrisch isolierende Schicht (16) angeordnet ist.

8. Halbleiter-Temperatursensor nach einem der Ansprüche 1 bis 6, bei dem die Halbleiterschicht (4) einen ersten Teilbereich (4a), in dem die erste Elektrode (6a) und die zweite Elektrode (10a) angeordnet sind, und einen zweiten Teilbereich (4b) aufweist, wobei zwischen dem ersten Teilbereich (4a) und dem zweiten Teilbereich (4b) eine Sperrschicht angeordnet ist.

Hierzu 6 Seite(n) Zeichnungen

#### Patentansprüche

1. Halbleiter-Temperatursensor vom Ausbreitungswiderstands-Typ, mit folgenden Merkmalen:  
einer Halbleiterschicht (4) mit einer ersten Oberfläche (2);  
einer ersten Elektrode (6a), die an der ersten Oberfläche (2) angeordnet ist und eine erste für den Widerstandswert des Halbleiter-Temperatursensors maßgebliche Abmessung aufweist; und  
einer zweiten Elektrode (10a), die an der ersten Oberfläche (2) angeordnet ist und eine zweite für den Widerstandswert des Halbleiter-Temperatursensors im wesentlichen unmaßgebliche Abmessung aufweist;  
wobei der kleinste Abstand zwischen der ersten Elektrode (6a) und der zweiten Elektrode (10a) größer als die erste Abmessung ist.
2. Halbleiter-Temperatursensor nach Anspruch 1, bei dem die zweite Elektrode (10a) größer ist als die erste Elektrode (6a).
3. Halbleiter-Temperatursensor nach Anspruch 1 oder 2, bei dem die erste Elektrode (6a) kreisförmig ist.
4. Halbleiter-Temperatursensor nach einem der Ansprüche 1 bis 3, bei dem die zweite Elektrode (10a) die erste Elektrode (6a) lateral im wesentlichen umschließt.
5. Halbleiter-Temperatursensor nach Anspruch 4, bei dem der der ersten Elektrode (6a) zugewandte Rand der zweiten Elektrode (10a) im wesentlichen kreisförmig und konzentrisch zur ersten Elektrode (6a) ist.
6. Halbleiter-Temperatursensor nach Anspruch 4, bei dem der der ersten Elektrode (6a) zugewandte Rand der zweiten Elektrode (10a) die erste Elektrode (6a) im wesentlichen rechteckförmig umschließt.
7. Halbleiter-Temperatursensor nach einem der Ansprüche 1 bis 6, bei dem die Halbleiterschicht (4) einen ersten Teilbereich (4a), in dem die erste Elektrode (6a)

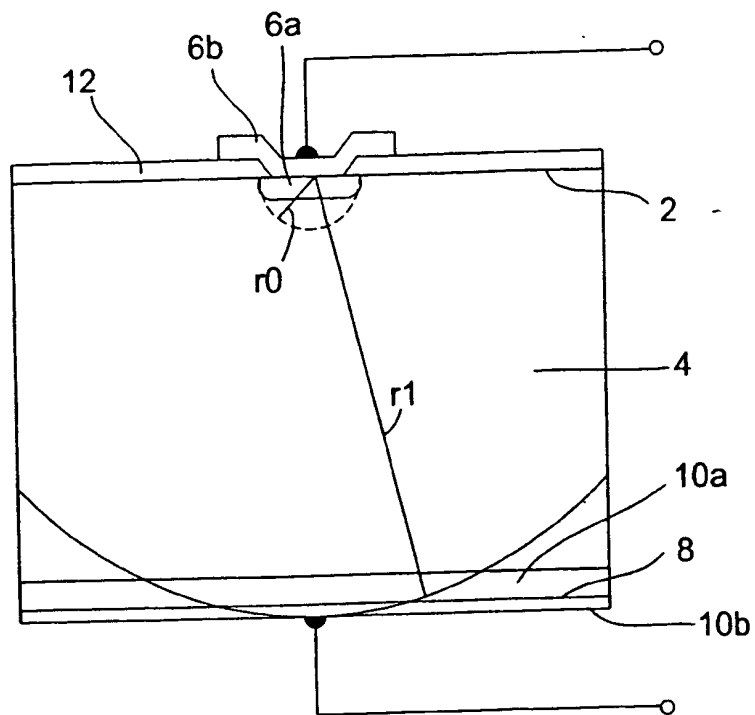


FIG 1



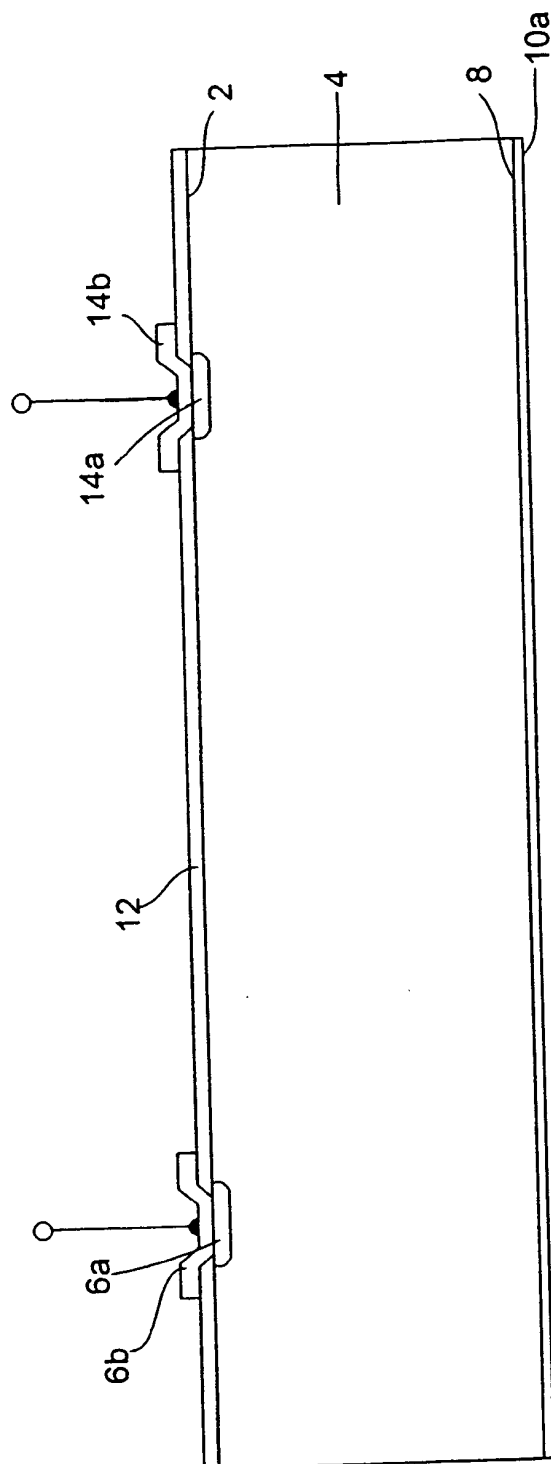


FIG 2

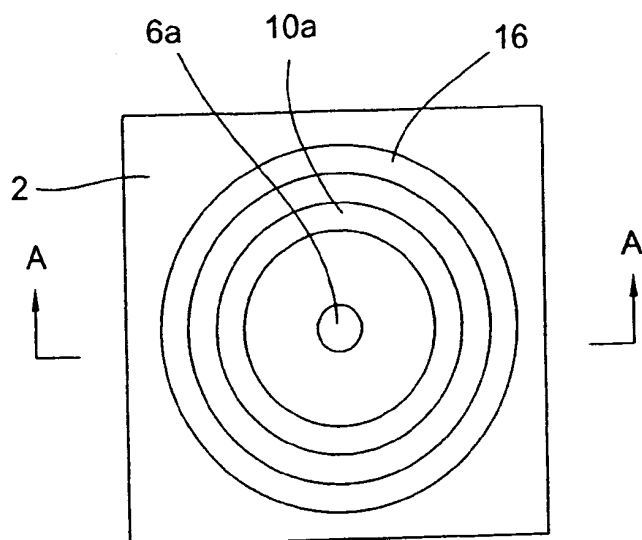


FIG 3

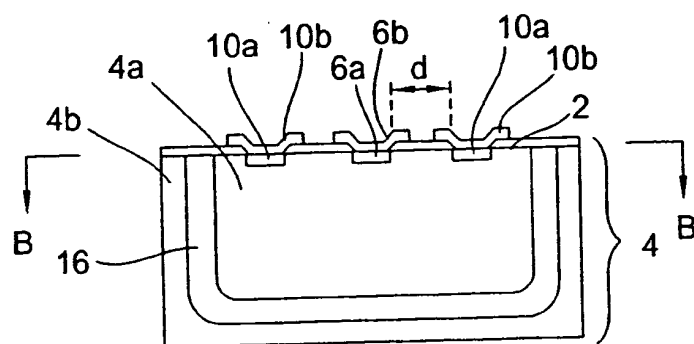


FIG 4

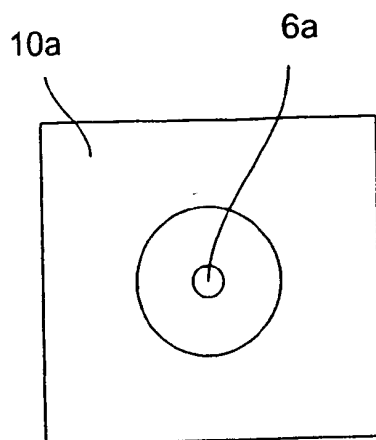


FIG 5

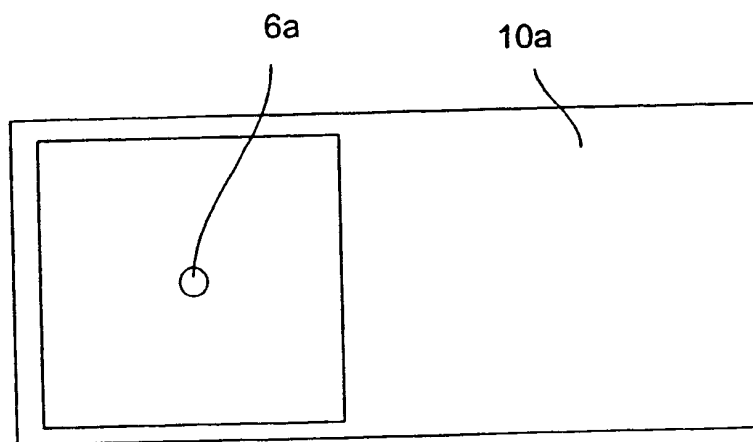
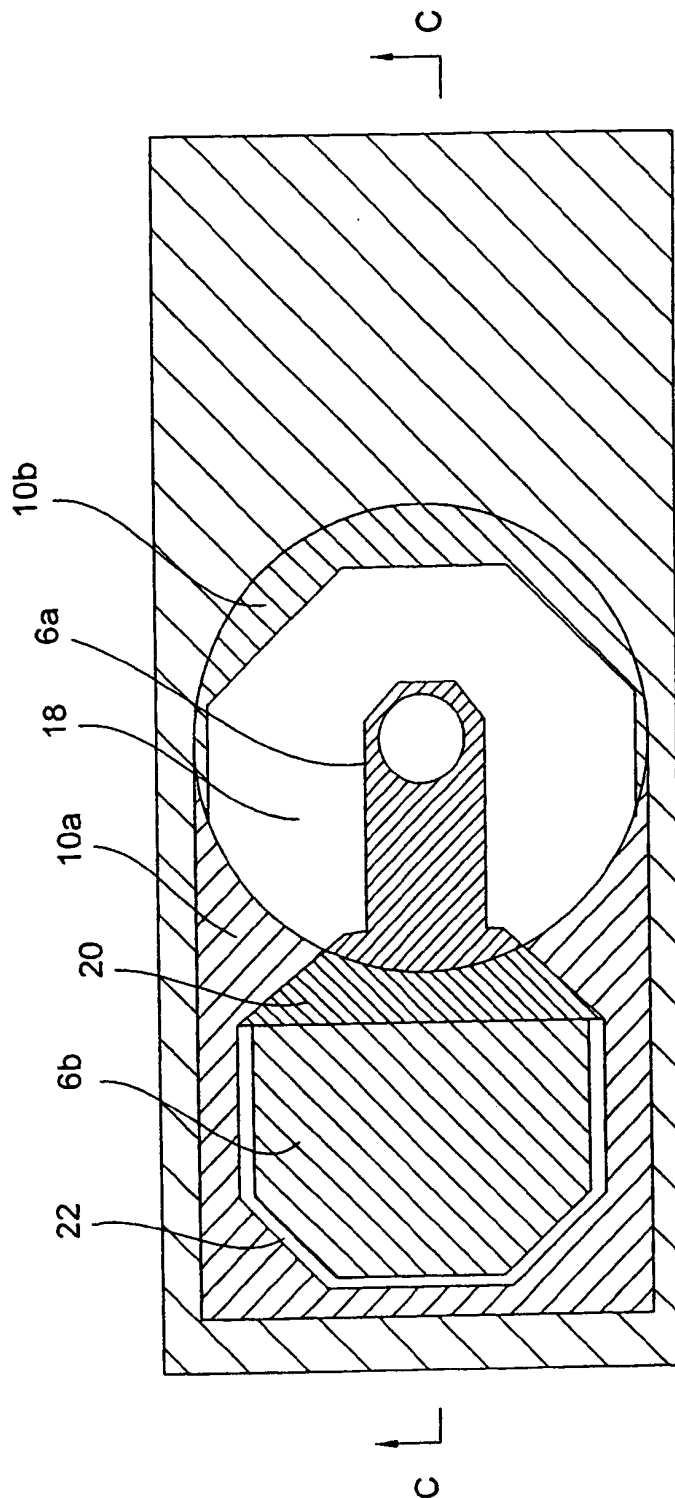


FIG 6



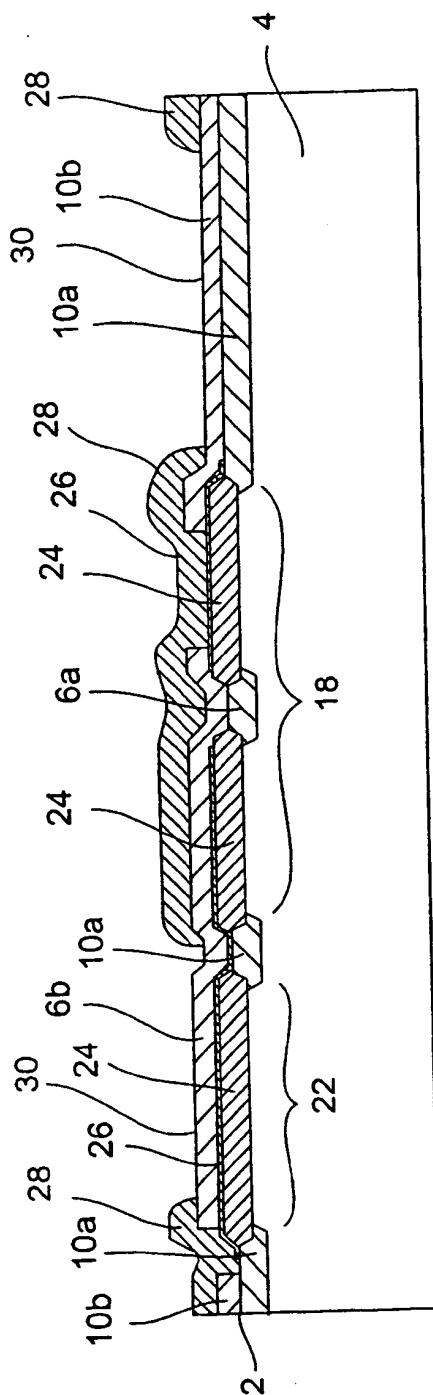


FIG 8